

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

HANDERSON JHONATAN FIGUEIREDO MARQUES

**PROPOSTA DE UM PRODUTO DE TECNOLOGIA ASSISTIVA:  
DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE IDENTIFICAÇÃO DE  
CORES PARA DALTÔNICOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

JOÃO PESSOA – PB

2019

HANDERSON JHONATAN FIGUEIREDO MARQUES

**PROPOSTA DE UM PRODUTO DE TECNOLOGIA ASSISTIVA:  
DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE IDENTIFICAÇÃO DE  
CORES PARA DALTÔNICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção Mecânica da Universidade Federal da Paraíba.

**Orientador:** Prof. Dr. Ivson Ferreira dos Anjos

JOÃO PESSOA – PB

2019

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

M357p Marques, Handerson Jhonatan Figueiredo.

Proposta de um produto de tecnologia assistiva:  
desenvolvimento de um protótipo de identificação de  
cores para daltônicos / Handerson Jhonatan Figueiredo  
Marques. - João Pessoa, 2019.

40 f. : il.

Orientação: Ivson Ferreira dos Anjos.

Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

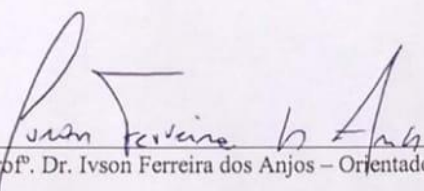
1. Engenharia do produto. Tecnologia assistiva. 2.  
Daltonismo. Arduino. I. Anjos, Ivson Ferreira dos. II.  
Título.

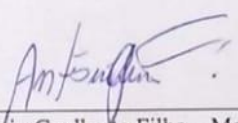
UFPB/BC

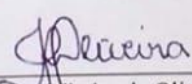
HANDERSON JHONATAN FIGUEIREDO MARQUES

**Proposta de um produto de tecnologia assistiva: desenvolvimento de um protótipo de identificação de cores para daltônicos**

**Trabalho de Conclusão de Curso** submetido à Coordenação de Graduação do Curso de **Engenharia de Produção Mecânica** da UFPB, apresentado em **15/07/2019**, obtendo o conceito **APROVADO**, sob avaliação da banca examinadora a seguir:

  
Prof.<sup>o</sup>. Dr. Ivson Ferreira dos Anjos – Orientador – DEP/CT/UFPB

  
Prof.<sup>o</sup>. Dr. Antônio Gualberto Filho – Membro – DEP/CT/UFPB

  
Prof.<sup>o</sup>. Mc. Jilson Ribeiro de Oliveira – Membro – DEP/CT/UFPB

João Pessoa (PB)

*Dedico este trabalho aos meus  
Pais, Núbia e Edimilson, por terem  
Se empenhado em moldar o meu caráter.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, por me fazer mais forte do que eu imaginava durante esta caminhada e pela fé de que um dia eu poderia chegar aonde para muitos era inalcançável.

Aos meus pais, Edimilson e Núbia, que juntamente do meu irmão Haleff, sempre fizeram questão de mostrar que serão meu alicerce para toda e qualquer situação. São os principais formadores da pessoa que sou hoje.

Aos meus avós, Marinho e Núbia, dedico esta conquista, pois sempre serão o meu exemplo de vida e amor incondicional. Em especial, minha avó Núbia que me ajudou nas minhas primeiras lições de casa.

Aos meus tios, Alcidênio e Alexsandra, pois sempre me incentivaram a ter gosto pelos estudos e contribuíram diretamente na minha formação educacional e neste Trabalho de Conclusão de Curso.

A minha namorada, Karlinha. Você mostrou o quão capaz eu sou e me ajudou a chegar aonde parecia tão distante para mim. Sou eternamente grato por toda a sua contribuição não só neste trabalho, mas de maneira geral. Parte do que sou hoje é graças a você e esta será a primeira de outras grandes conquistas que teremos.

Aos meus familiares que sempre me apoiaram independente das circunstâncias e desde sempre, compartilharam minhas maiores alegrias e tristezas.

Aos meus primos, Alexsandro, Camylo, Juninho e Mike que estão sempre comigo independentemente da situação a qual os considero como irmãos.

Ao meu orientador, Ivson, que abriu minha mente e entrou nesta empreitada comigo. Sou eternamente grato por sua disponibilidade e vontade de ensinar. És um exemplo de professor.

A todos os meus professores, que contribuíram diretamente na minha formação.

Aos amigos feitos durante a graduação. Essa caminhada seria bem mais difícil sem vocês.

Marques, Handerson Jhonatan Figueiredo. **Proposta de um produto de tecnologia assistiva:** desenvolvimento de um protótipo de identificação de cores para daltônicos. 2019. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção Mecânica). UFPB/CT, João Pessoa-PB.

## RESUMO

O presente estudo teve como finalidade desenvolver um protótipo de um sistema capaz de realizar a identificação de cores usuários com daltonismo. Esse instrumento utiliza um Sensor Óptico Reflexivo TCRT 5000 como um identificador da tonalidade do objeto, bem como um microcontrolador Arduino como unidade de controle. Um Display LCD foi utilizado para informar a cor do objeto identificado. Foram elaborados requisitos baseados no Modelo de Kano, para avaliar a relação entre o desempenho de determinadas características do produto com a satisfação que esta provoca no usuário. Seu desempenho foi avaliado por meio de um programa de teste (via sketch) que toma como base uma lógica simples onde o sensor óptico reflexivo faz a análise da combinação de cores que está na sua linha de ação, abrangendo também a do ambiente caso não haja nenhum objeto, e responde com a intensidade distribuídas entre as cores vermelho, verde e azul. Os resultados mostraram que a placa Arduino identificou de forma satisfatória as cores primárias e que cumpre grande parte dos requisitos de atratividade seguindo o modelo de Kano, como a rapidez na leitura e na resposta. Embora simples no design, o baixo custo e o bom desempenho do dispositivo o tornam uma alternativa interessante como produto de tecnologia assistiva para atender seu público-alvo e aumentar sua qualidade de vida.

**Palavras-chave:** Engenharia do produto. Tecnologia assistiva. Daltonismo. Arduino.

Marques, Handerson Jhonatan Figueiredo. **Proposal of an assistive technology product:** development of a color identification prototype for color blinds. 2019. 40 p. Course Completion Work (Bachelor of Mechanical Production Engineering). UFPB/CT, João Pessoa-PB.

## **ABSTRACT**

The present study aimed to develop a prototype of a system capable of performing the identification of color users with color-blindness. This instrument uses a TCRT 5000 Reflective Optical Sensor as an object tint identifier as well as an Arduino microcontroller as the control unit. An LCD Display was used to inform the color of the identified object. Requirements were elaborated based on the Kano Model, to evaluate the relationship between the performance of certain characteristics of the product with the satisfaction that this causes in the user. Its performance was evaluated by means of a test program (via sketch) that takes as base a simple logic where the reflective optical sensor makes the analysis of the color combination that is in its line of action, including that of the environment if there is no object, and responds with intensity distributed among red, green and blue colors. The results showed that the arduino satisfactorily identified the primary colors and that fulfills most of the attractiveness requirements following the Kano model, such as the speed of reading and the response. Although simple in design, the device's low cost and good performance make it an interesting alternative as an assistive technology product to meet its target audience and increase its quality of life.

**Key words:** Product engineering. Assistive technology. Color blindness. Arduino.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diferença de visão de cores .....	16
Figura 2 – Espectro eletromagnético.....	17
Figura 3 – Gráfico RGB das cores primárias.....	18
Figura 4 – Cubo RGB. RGB, vermelho, verde e azul.....	19
Figura 5 – Funcionamento sensor óptico reflexivo.....	20
Figura 6 – Aspectos do projeto.....	21
Figura 7 – Diagrama de Kano.....	23
Figura 8 – Decomposição de funções.....	25
Figura 9 – Protótipo montado.....	28
Figura 10 – Reconhecimento da tonalidade azul.....	30
Figura 11 – Reconhecimento da tonalidade verde.....	31
Figura 12 – Reconhecimento da tonalidade vermelha.....	31

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Revisão de metodologias sobre projeto de produto .....	21
Quadro 2 – Componentes utilizados para a construção do protótipo inicial.....	26
Quadro 3 – Requisitos seguindo o modelo Kano.....	27

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1	APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA.....	11
1.2	OBJETIVOS.....	11
1.2.1	Objetivo Geral.....	11
1.2.2	Objetivos Específicos.....	11
1.3	JUSTIFICATIVA.....	12
<b>2.</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>13</b>
2.1	TECNOLOGIA ASSISTIVA.....	13
2.1.1	Deficiência visual.....	14
2.1.2	Visão subnormal.....	14
2.1.3	Daltonismo.....	15
2.2	FREQUÊNCIA DAS CORES.....	16
2.3	SENSOR DE COR.....	17
2.4	ARDUINO.....	20
2.5	PROJETO DE PRODUTO.....	20
2.6	FERRAMENTAS DE PROJETO.....	23
2.6.1	Diagrama de Kano.....	23
<b>3.</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>24</b>
3.1	GERAÇÃO DE CONCEITOS INICIAIS.....	24
3.2	DECOMPOSIÇÃO DE FUNÇÕES .....	24
3.3	MATRIZ MORFOLÓGICA.....	25
3.4	MODELO DE KANO.....	27
3.5	MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
3.6	PROGRAMA DE TESTE.....	28
3.7	SINAL DE SAÍDA.....	29
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>30</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>33</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>34</b>
	<b>ANEXO 1 – Sketch para inserção na plataforma Arduino.....</b>	<b>37</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

Este capítulo abordará de modo sucinto a apresentação do problema, justificativa e objetivos da pesquisa.

### **1.1. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA**

A deficiência visual pode ser definida como perda total ou parcial da visão de um indivíduo. Esta por sua vez, pode ser oriunda de uma doença congênita (ao nascer) ou adquirida em qualquer fase da vida. O daltonismo é uma anomalia hereditária que afeta um cromossomo sexual X, caracterizando a incapacidade na distinção de algumas cores primárias, ou seja, uma pessoa com daltonismo possui células deficientes resultando na percepção distorcida das cores do espectro cromático, sendo as confusões mais comuns com as cores: verde e vermelho (MAIA, 2013).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, no censo do ano de 2010 (IBGE, 2010), no Brasil mais de 6,5 milhões de pessoas têm alguma deficiência visual, seja ela total ou parcial. Hoje, eles utilizam da dependência de estranhos para identificar as cores dos mais variados objetos.

Outra problemática associada à dificuldade de identificação de cores é o fato de ser dependente para uma das atividades comuns do dia-a-dia. Uma das premissas da qualidade de vida de um indivíduo diz respeito ao seu nível de independência, além do seu estado de saúde, relações sociais etc. (REBOUÇAS, et al. 2016).

### **1.2. OBJETIVOS**

#### **1.2.1. Objetivo Geral**

O objetivo principal deste trabalho é o desenvolvimento de um sistema de uso genérico baseado no uso de uma plataforma de prototipagem eletrônica Arduino, que facilita a complexidade dos circuitos e a montagem do instrumento com a capacidade de realizar a identificação de cores onde os usuários possam aumentar seu nível de independência e, consequentemente, sua qualidade de vida.

#### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Buscar conceitos e aplicações em Tecnologia Assistiva que sejam úteis no desenvolvimento do produto em questão;
- Desenvolver o protótipo utilizando a plataforma Arduino;
- Realizar testes de desempenho para garantir o correto funcionamento do sistema de identificação de cores.

### 1.3. JUSTIFICATIVA

No mundo, 11% da população possui algum tipo de daltonismo, como foi exposto na introdução do presente trabalho. Mediante este dado, foi constatada a necessidade de criação de um dispositivo que auxiliasse essas pessoas nas suas atividades cotidianas. Além disso, o trabalho poderá ser usado como base para outros trabalhos na área de Tecnologia Assistiva, uma área que cresce exponencialmente, mas que ainda possui escassez de materiais para embasamento teórico.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No presente capítulo serão abordadas as definições de Tecnologia Assistiva, deficiência visual e daltonismo, Arduino, sensor de cores e frequência de cores. Essas definições nortearão o trabalho como um todo na construção do protótipo e cumprimento dos objetivos do trabalho.

### 2.1. TECNOLOGIA ASSISTIVA

Tecnologia Assistiva pode ser definida como área de conhecimento que tem por objetivo principal a inclusão social, sobretudo de pessoas com algum tipo de limitação, seja ela física, cognitiva ou sensorial. Bersch (2017) reafirma esse conceito, a autora afirma que o objetivo maior da tecnologia assistiva é proporcionar ao deficiente uma maior qualidade de vida e, sobretudo, independência. Nesse contexto, pode-se afirmar que a tecnologia assistiva é interdisciplinar, uma vez que cada ação proposta por ela se adequa a um tipo de usuário específico.

No Brasil, o Comitê de Ajudas Técnicas define Tecnologia Assistiva não só como uma área de conhecimento, mas também como produto, recursos, metodologias, estratégias e práticas que tem por objetivo comum promover a integração, inclusão ou participação de pessoas com deficiência às atividades comuns do dia-a-dia (BRASIL, 2007).

Bersch (2017) classifica a tecnologia assistiva em categorias, são elas: auxílios para a vida diária e vida prática, que compreende em materiais que auxiliam as pessoas com deficiência nas atividades mais essenciais/básicas como alimentar-se, vestir-se, cozinhar, etc.; Comunicação aumentativa e alternativa (CAA), que busca atender às necessidades de pessoas com dificuldade na fala ou na escrita, ou alguma outra dificuldade em comunicação; Recursos de acessibilidade ao computador, direcionado a pessoas com deficiências sensoriais, intelectuais e motoras, o que inclui hardwares e softwares modificados especialmente para cada usuário; Sistema de controle de ambiente, mais voltado para pessoas com limitações motoras, ele auxilia no ajuste de aparelhos eletroeletrônicos, abrir ou fechar portas e janelas, etc.; Projetos arquitetônicos para acessibilidade, ou seja, adaptações estruturais e mobiliários, tanto na residência quanto no ambiente de trabalho; Órteses e próteses, que ajudam pessoas com problema de mobilidade, substituindo um membro ausente ou auxiliando um membro existente com redução de função; Adequação postural, recursos que garantam posturas alinhadas, sobretudo para cadeirantes; Auxílios de mobilidade, como muletas, bengalas, cadeira de

rodas, andadores, etc.; Auxílios para ampliação da função visual e recursos que traduzem conteúdos visuais em áudio ou informação tátil; Auxílios para melhorar a função auditiva e recursos utilizados para traduzir os conteúdos de áudio em imagens, texto e língua de sinais; Mobilidade em veículos; Esporte e lazer, recursos que facilitam a prática de esportes para os diferentes usuários.

Os produtos voltados para a tecnologia assistiva podem ser encarados como uma alternativa aos portadores de necessidades especiais, tendo em vista que suprem as necessidades individuais e/ou de um grupo com uma deficiência comum, como no caso dos deficientes visuais e daltônicos.

### **2.1.1 Deficiência Visual**

De acordo com a lei nº 13.146 de 6 de julho de 2015, é considerada pessoa com deficiência, aquela que possui uma limitação a longo prazo de qualquer que seja a natureza, física, mental, sensorial ou intelectual, impedindo a sua participação na sociedade em condições de igualdade com as demais pessoas. Esta lei, institui o Estatuto da Pessoa com Deficiência, um marco para as pessoas que possuem algum tipo de impedimento.

Núñez (2001) diz que todo ser humano nasce com uma visão “subnormal” e progressivamente se estabiliza nas primeiras semanas de vida, após um conjunto de estímulos. Ainda segundo Núñez (2001), entende-se por cegueira a privação da sensação visual e falta da percepção da luz. Esta cegueira pode ser total ou parcial, dando origem aos termos déficit de visão, visão subnormal, baixa visão, visão residual e outros.

Brasil (2007) define deficiência visual como alteração grave ou total de pelo menos um dos elementos da visão, impossibilitando o indivíduo a perceber cor, tamanho, distância, forma, posição ou movimento. Pode ocorrer desde o nascimento (cegueira congênita), ou posteriormente, caracterizando uma cegueira adquirida.

### **2.1.2 Visão Subnormal**

A definição de visão subnormal é complexa pois existem inúmeros tipos de comprometimentos visuais. Ao passo que a cegueira é a privação total da percepção da visão, pode-se dizer que visão subnormal (baixa visão, visão residual, ambliopia) é a privação parcial da visão. Estes indivíduos são capazes de enxergar muitas vezes, vultos. Brasil (2007) define baixa visão como uma redução de informações que o indivíduo recebe do ambiente.

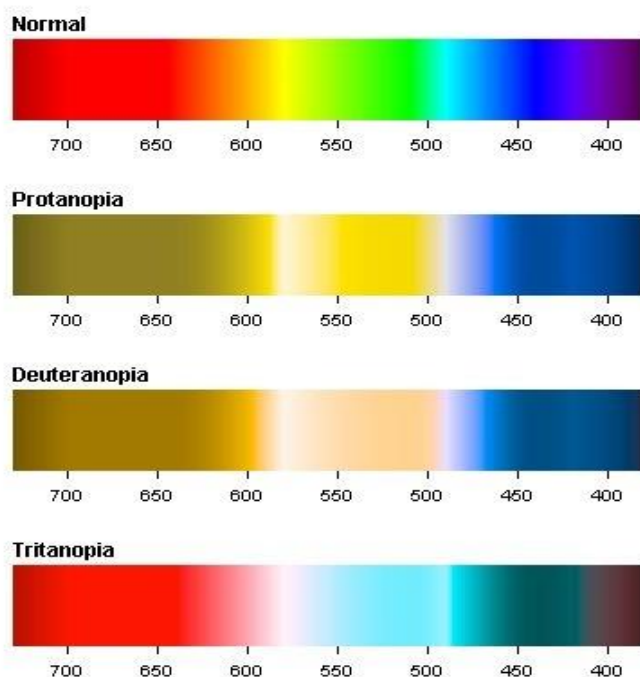
As limitações visuais podem ser observadas através de problemas neurológicos, ou diretamente oculares como a acuidade visual, o campo visual ou quantidade de luz percebida pelo indivíduo (NUÑEZ, 2001). Pessoas que possuem uma visão subnormal, geralmente têm uma oscilação bem evidente quanto aos parâmetros visuais, o que pode gerar uma inquietação por parte do portador. Os produtos de tecnologia assistiva buscam sempre aprimorar-se para melhor atender seu público-alvo e aumentar sua qualidade de vida, visando sanar ou diminuir as suas principais queixas.

### **2.1.3. Daltonismo**

O daltonismo pode ser definido como a incapacidade de distinguir cores corretamente. O termo correto para tal anomalia é discromatopsia, sendo este utilizado para definir qualquer distúrbio de identificação de cores, entretanto, esses distúrbios se apresentam de formas distintas (TAKATA, 2015). O daltonismo pode ser classificado como tricromatismo anômalo que é a percepção da luz branca através de proporções anormais de vermelho, verde e azul, tendo neste grupo subclassificações: protanomalia, deuteranomalia e tritanomia; dicromatismo, que é a ausência de um dos três tipos de cone (vermelho, verde e azul), a luz branca é percebida em apenas dois cones, este grupo possui também três subclassificações: protanopia, deuteranopia e tritanopia; e a terceira forma de daltonismo é o monocromatismo, que é a não percepção de cores, ou seja, o indivíduo enxerga apenas em tons de cinza, como podemos ver na Figura 01, temos exemplos de como indivíduos com protanopia, deuteranopia e tritanopia enxergam. (LEE, 2008).



Figura 01 – Diferença de visão de cores.



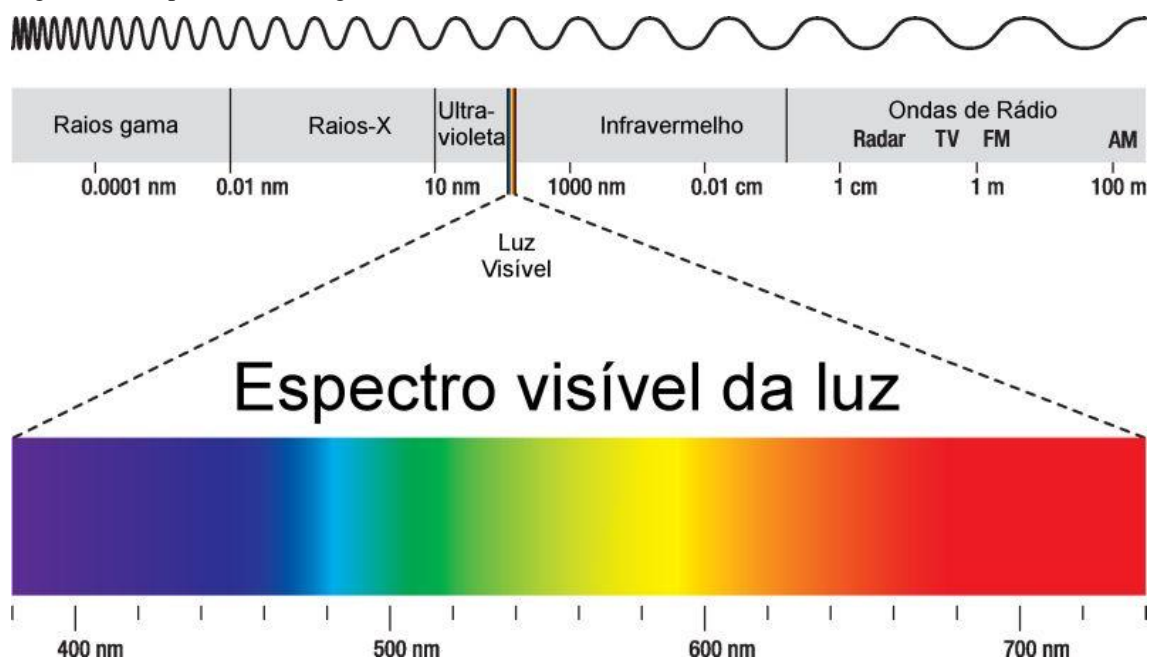
Fonte: <http://avishekgyawali.com/red-apple-actually-red/color-vision-difference/>

O daltonismo é uma doença considerada sem cura, logo, há anos pesquisadores tentam dar uma melhor qualidade de vida aos portadores dessa anomalia criando filtros e dispositivos projetados especificamente para daltônicos, como óculos, lentes etc. O avanço da tecnologia é um aliado para esse tipo de deficiência, uma vez que há a possibilidade de criar softwares em dispositivos portáteis que possibilitam sanar algumas dificuldades mais simples do dia-a-dia dessas pessoas, como vestir-se fazendo combinação de cores, avaliar se uma fruta está madura ou não etc. (BRUNI, 2006).

## 2.2. FREQUÊNCIA DAS CORES

O espectro visível é a uma parte do espectro eletromagnético que é visível ao olho humano. A radiação eletromagnética nessa faixa de comprimentos de onda é chamada de luz visível ou simplesmente de luz. Um olho humano típico responderá a comprimentos de onda de 380 a 740 nanômetros ou, em termos de frequência, corresponde a uma banda entre 430 e 770 THz.

Figura 02 – Espectro eletromagnético.



Adaptado de: Schlieper (2010).

A cor pode ser considerada como a sensação palpável do espectro de luz visível incidente no olho humano. A cor passa a existir quando um espectador, um objeto e a luz estão presentes. Assim, a cor de um objeto depende de três fatores: a refletância espectral da superfície do objeto, o conteúdo espectral da iluminação ambiente e a resposta espectral dos sensores presentes no sistema de imagem (PUIU, 2012). A luz, que é refletida da superfície do objeto, entra no olho humano. As células cônicas, presentes na extremidade posterior do olho, convertem o sinal luminoso em um sinal elétrico, que é transmitido ao cérebro para sua interpretação, e onde ocorre a percepção da cor (VOLPE, 2004). O modo como o processamento de cores ocorre no cérebro humano ainda não foi completamente revelado. No entanto, a descrição formal e a modelagem da natureza física da cor podem ser realizadas. Milhares de tonalidades e intensidades de cores podem ser percebidos pelos seres humanos em comparação com apenas cerca de 24 tons de cinza (GUNASEKARAN, 1996).

### 2.3. SENSOR DE COR

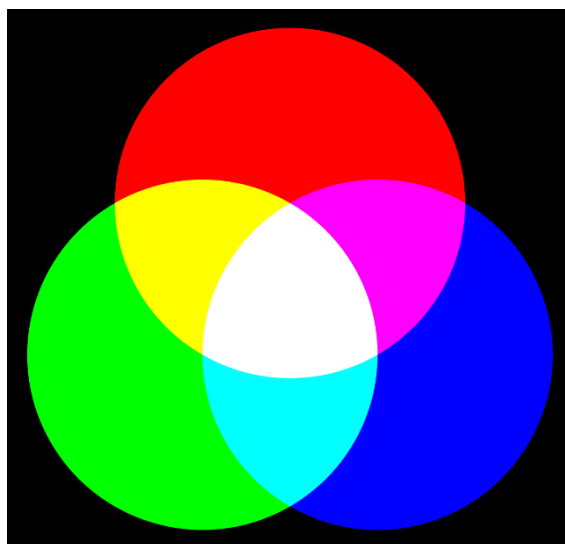
O processamento digital de imagens é utilizado para variadas aplicações como comunicações, rastreamento de sinais, televisão, espaço, sistemas inteligentes de transporte etc. (RASRAS, EL EMARY e SKOPIN, 2007). As duas principais áreas de aplicação do processamento digital de imagens, como mencionado em, são melhorar a

informação visual para melhor compreensão humana, bem como processar informações de imagem para representação de máquina que significa estabelecer uma ponte entre comunicação homem-máquina. O uso do espectro de cores no processamento de imagens fornece uma ferramenta interessante para o reconhecimento e extração de objetos da cena e para permitir a extensão do espaço de domínio em comparação com as imagens em cinza (GONZALEZ e WOODS, 2009). O modelo de cores explica como as cores são representadas e especifica os componentes do espaço de cores com precisão para aprender como cada espectro de cores se parece (IBRAHEEM et al., 2012).

Modelos de cores é um sistema para medir cores que podem ser percebidas pelo ser humano e um processo de combinar diferentes valores como um conjunto de cores primárias. Normalmente, os modelos de cores possuem três ou quatro componentes de cor. Os modelos de cores comuns são RGB (vermelho, verde e azul), CMY (ciano, magenta e amarelo), HSL (matiz, saturação e luminosidade) e YIQ (amarelo, em fase e quadratura) (GONZALEZ e WOODS, 2009).

O modelo de cores RGB é o modelo de cores mais comumente usados para aplicativos relacionados a hardware, como monitores, câmeras e placas gráficas. Se baseia nas três cores primárias aditivas (vermelho, verde e azul), de onde o nome do modelo foi derivado e, podem ser combinadas para produzir novas cores de espectro como na Figura 03 (GONZALEZ e WOODS, 2009).

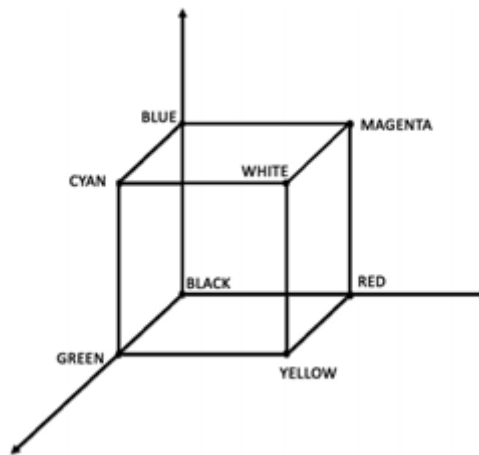
Figura 03 – Gráfico RGB das cores primárias



Fonte: Scarinci e Marineli (2014).

O modelo de cores RGB pode ser representado como um cubo de comprimento de unidade no sistema de coordenadas cartesianas, tendo RGB nos cantos dos três eixos como apresentado na Figura 04.

Figura 04 – Cubo RGB. RGB, vermelho, verde e azul.



Fonte: Patnaik (2019).

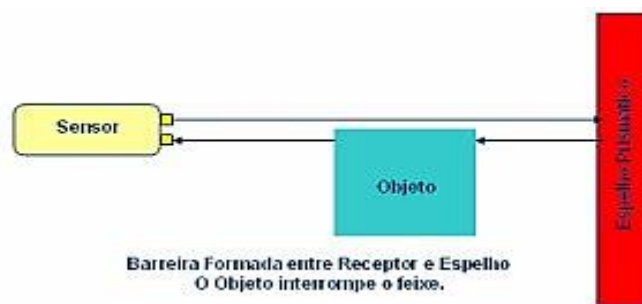
Embora existam muitos colorímetros no mercado, que medem a cor de qualquer objeto para “digitalizá-lo” e iniciar essas transformações colorimétricas, eles geralmente custam muito. No entanto, o desenvolvimento de plataformas eletrônicas modulares de baixo custo, como Arduino, mbed ou raspberry PI, que pode ser equipado com todos os tipos de sensores, abre a porta para o uso desses dispositivos para capturar cores.

Os sensores são definidos na eletrônica como um componente ou circuito que permite uma análise de uma condição do ambiente onde está inserido. Podem ser classificados como um tipo de transdutor, que tem por definição transformar um tipo de energia em outro, como por exemplo energia térmica em energia elétrica, etc. Esses sensores podem ser divididos em sensores analógicos ou digitais, a depender do tipo de sinais (valores de tensão) estes se baseiam (PATSKO, 2006).

O par óptico é um sensor digital simples, composto por dois elementos: um LED emissor ou receptor de infravermelho e um fototransistor (PATSKO, 2006). Sensores ópticos que possuem um emissor de infravermelho são denominados também de sensores infravermelho ativos e podem ser classificados quanto ao seu funcionamento como: sistema por barreira; sistema por difusão e sistema por reflexão (BORGES et al. 2005).

No sistema por reflexão os raios infravermelhos são emitidos para um espelho prismático. O sensor é ativado quando há uma interrupção dos raios infravermelhos entre o sensor e o espelho com um objeto que se deseja fazer leitura, Figura 05 (BORGES et al. 2005).

Figura 05 – Funcionamento sensor óptico reflexivo



Fonte: BORGES et al. (2005).

O TCRT 5000 é um sensor óptico reflexivo, amplamente utilizado nas mais diversas aplicações. É de fácil instalação, possui preço acessível e é muito utilizado em projetos com placa Arduino.

## 2.4. ARDUINO

O Arduino é uma placa criada na Itália para cunho educativo, contudo, por ser de fácil programação e possuir um *hardware* simples e conectividade com USB, se tornou atrativo para ser usado para as mais diversas aplicações. É parecida com um computador de pequeno porte, possui microcontrolador, memória RAM, memória secundária, etc. (OLIVEIRA, 2018).

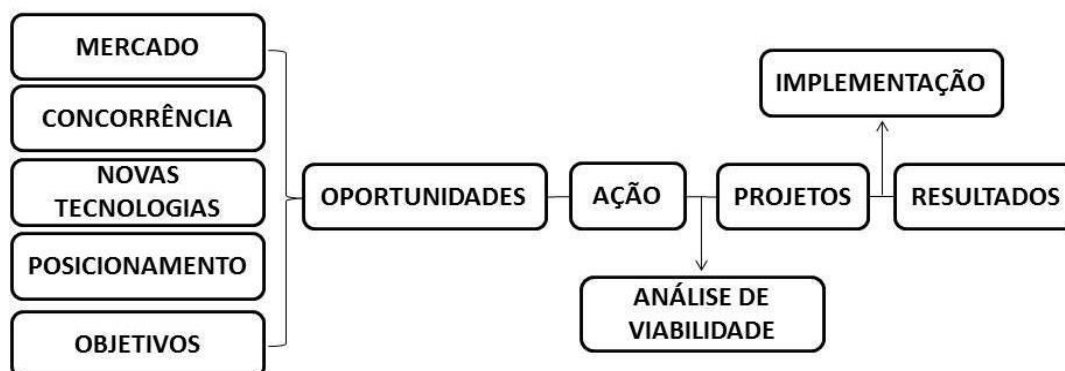
Segundo Oliveira (2018), o Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica acessível, de baixo custo, de fácil manuseio, e possui um *hardware*, que é a parte física, onde contém o microcontrolador, e um *software*, que é a parte de processamento das informações inseridas através de uma linguagem de programação.

## 2.5. PROJETO DE PRODUTO

Com o constante avanço tecnológico e a busca por atender as necessidades de um tipo de consumidor pouco assistido no mercado atual, abre-se uma brecha que pode ser bastante aproveitada por empresas emergentes (*Startup's*) ou empresas já existentes no mercado que queiram expandir seu público alvo. Logo, a utilização de uma metodologia de projeto otimizada é necessária para encontrar alternativas que busquem solucionar tais exigências do mercado.

Segundo Samora (2011), os aspectos necessários que precisam ser trabalhados a fim de que um projeto possa obter sucesso podem ser visualizados na Figura 06:

Figura 06 – Aspectos de projeto.



Fonte: Samora (2011) adaptado pelo autor

Tendo em vista da existência de diversos autores que estudaram a fundo para desenvolver metodologias em projeto do produto, Mello (2011), resolveu reunir as mais relevantes nesse assunto no Quadro 01:

Quadro 01 - Revisão sobre metodologias sobre projeto de produto

Autor	Princípios da metodologia
Bomfim (1995)	Apresenta 5 fatores como responsáveis pelo desenvolvimento do projeto: - Designer - Empresa - Consumidor - Sociedade (determina as políticas econômicas) - Produto (representa a necessidade do mercado consumidor)
Baxter (1998)	Enfatiza o estudo de mercado como estratégia inovadora, visando redução de custos e criação de identidade do produto; inclui no planejamento: - Identificação de oportunidade - Pesquisa de marketing - Análise dos produtos concorrentes - Proposta de novo produto - Elaboração das especificações da oportunidade - Especificação do projeto
Löbach (2001)	Afirma que o projeto de produto é tanto um processo criativo quanto um processo de solução de problemas; divide o projeto de produto em quatro etapas: - Análise do problema

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geração de alternativas</li> <li>- Avaliação das alternativas</li> <li>- Realização da solução do problema</li> </ul>
Back et al (1983) (2008)	<p>Destaca que o custo de desenvolvimento, produção e venda são determinantes no projeto de produto, e que se deve estudar tendências de mercado para auxiliar o projeto de produto. Aponta que o projeto pode ser conduzido com maior ou menor detalhamento, passando pelas fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudo de viabilidade do projeto</li> <li>- Projeto preliminar</li> <li>- Projeto detalhado</li> <li>- Revisão e testes</li> <li>- Planejamento da produção</li> <li>- Planejamento do mercado</li> <li>- Planejamento para o consumo e manutenção</li> <li>- Planejamento da obsolescência</li> </ul>
Bonsiepe (1984)	<p>Enfatiza a importância do enfoque ao problema a ser atendido como uma forma de adotar uma solução ideal; divide-se da seguinte forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Problematização</li> <li>- Análise (sincrônica, diacrônica, funcional, estrutural e morfológica)</li> <li>- Definição do problema (estruturação, fracionamento, hierarquização)</li> <li>- Geração de alternativas (brainstorming, método 635, esboços, maquetes etc.)</li> <li>- Projeto</li> </ul>
Pahl e Beitz (2005)	<p>Divide o projeto em quatro macroetapas (listadas abaixo); cada macroetapa consiste em um checklist de atividades e objetivos a serem cumpridos. Preza pela materialização das ações e afirma que a generalização é prejudicial para o projeto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definição da tarefa</li> <li>- Projeto conceitual</li> <li>- Projeto preliminar</li> <li>- Projeto detalhado</li> </ul>
Pugh (2002)	<p>Traz uma abordagem interdisciplinar para o projeto de produto, passando pelo estudo das pessoas (atividade), dos processos (gestão) e da contextualização (estratégia); defende que o projeto começa e acaba no mercado, passando pelas fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigação de mercado</li> <li>- Especificação do projeto de produto</li> <li>- Projeto conceitual</li> <li>- Projeto detalhado</li> <li>- Manufatura</li> <li>- Vendas</li> </ul>

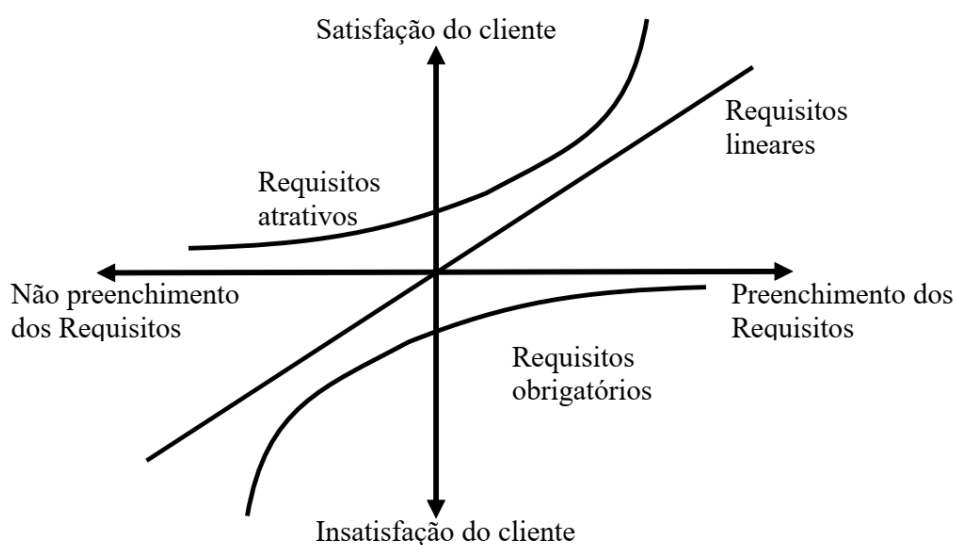
Fonte: Mello (2011) adaptado por Oliveira (2018).

## 2.6. FERRAMENTAS DE PROJETO

### 2.6.1. Diagrama de Kano

Noriaki Kano foi um professor que, em meados de 1980, criou um diagrama que auxilia em projetos de desenvolvimento de produtos baseado na satisfação do cliente. Ele classifica as preferências do cliente em categorias, partindo do princípio que se deve correlacionar os atributos objetivos e subjetivos para que um produto seja considerado de qualidade (IATA, 2002).

Figura 07 – Diagrama de Kano.



Em termos gerais, o diagrama de Kano compreende em uma avaliação de satisfação do cliente a um determinado produto ou serviço. O diagrama de Kano compreende em um gráfico onde busca encontrar um equilíbrio entre a satisfação do cliente e o preenchimento dos requisitos, sejam eles obrigatórios ou atrativos.



### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo será demonstrado todo o passo a passo da construção deste primeiro protótipo mediante às ferramentas de projeto de produto e seus componentes. Logo, trata-se de um estudo exploratório, de cunho experimental. Será desenvolvido um protótipo para identificação de cores utilizando um sensor infravermelho, através de um processador Arduino e um *display* LCD para demonstração da indicação da cor obtida pelo sensor.

#### 3.1. GERAÇÃO DE CONCEITOS INICIAIS

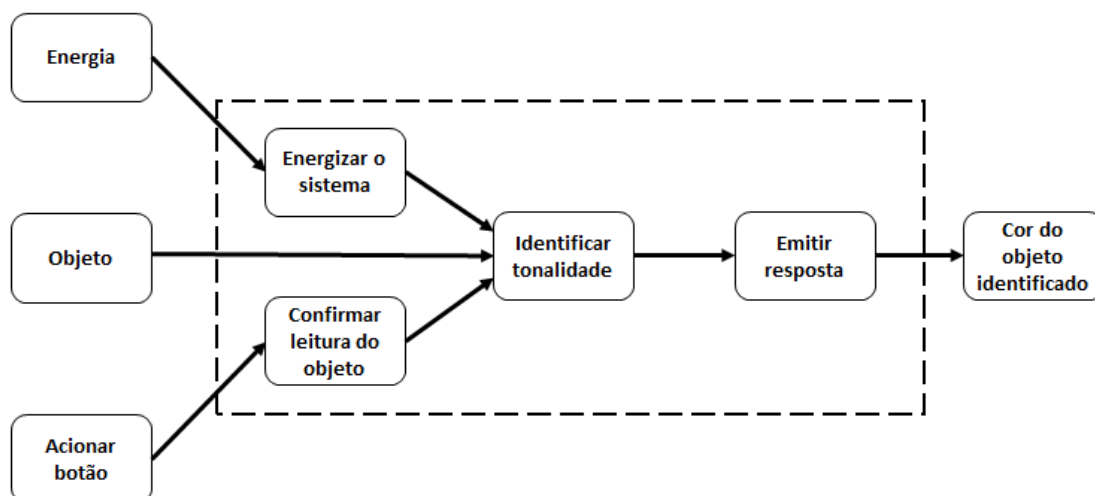
Por meio de conversas informais, brainstorming e discussão de ideias durante o mês de junho, foi idealizado que o protótipo a ser desenvolvido será um identificador de cores de baixas dimensões, portátil, que seja leve em relação ao peso, baixo custo para ser acessível ao público alvo e com uma rápida resposta.

Logo, foi discutida a utilização e criação de um aparelho eletrônico que use Arduino, pois, possui código de programação aberta e está sendo rapidamente difundido no meio da programação, onde use um sensor infravermelho para realizar a leitura com precisão e resposta por um *display* LCD, para tornar o aparelho com pequenas dimensões.

#### 3.2. DECOMPOSIÇÃO DE FUNÇÕES

A decomposição de funções para a identificação de cores pode ser vista na Figura 08, nela é observada a sequência de atividades (entrada, processamento e resposta) da proposta de protótipo, respeitando os limites do sistema até que uma nova leitura seja feita pelo possível usuário.

Figura 08 – Decomposição de funções.



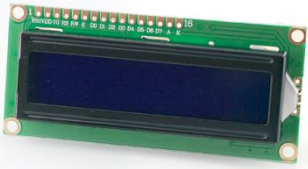


Fonte: O autor. (2019)

### 3.3. MATRIZ MORFOLÓGICA

Foi constatado que serão necessários apenas três componentes principais, fora o potenciômetro, fios, solda, etc. Os principais componentes discutidos foram: Sensor infravermelho para identificar a tonalidade do objeto a ser verificado; Placa para processar os dados de entrada e saída; e um aparelho para informar a cor do objeto para o usuário. No Quadro 02 pode ser observado os componentes utilizados para a construção do protótipo inicial.

Quadro 02 – Componentes utilizados para a construção do protótipo inicial

Componente	Descrição
Identificador da tonalidade do objeto	Sensor óptico reflexivo TCRT 5000 
Processamento dos dados de entrada e saída	Arduino 
Informar a cor do objeto identificado	Display LCD 

Os componentes foram escolhidos de acordo com o seu custo, para não encarecer uma provável versão final que possa ser inserida no mercado, pensando numa melhor relação custo-benefício. Também foi levado em consideração uma boa durabilidade, o fornecimento de um feedback com precisão ao usuário e decisões de escolha que influenciaram no tamanho final do produto, pois uma característica que um produto deve ter para uma boa atratividade é ser fácil de se transportar e ser discreto.

O leitor escolhido foi o sensor óptico reflexivo TCRT 5000, que foi fabricado pensando em ser usado em conjunto com o próximo componente que é o Arduino.

A placa escolhida para processar todos os dados de entrada e saída foi unanimidade, tendo em vista que, não foi encontrada outra placa que apresentasse um melhor custo benefício. O Arduino é uma placa de programação livre que oferece uma

linguagem de programação básica, facilitando assim a fabricação de um identificador rápido e preciso.

A função de leitura por um *display* LCD foi encontrada em vários fabricantes, ainda serão realizados testes para uma possível versão final, mas certamente o escolhido será o que oferecer uma leitura de forma satisfatória que consiste numa alta resolução, e ter um valor que não encareça o produto final.

### 3.4. MODELO DE KANO

Tendo em vista o título deste trabalho de conclusão de curso, a utilização de ferramentas de projeto de produto que utilizem uma maior captação e análise de dados é totalmente inviável. Entretanto, o modelo de Kano pode ser usado para iniciar uma proposta de produto tendo em vista que, grande parte dos requisitos é de agrado da grande maioria dos consumidores. Assim temos os requisitos utilizando o modelo de Kano apresentados no Quadro 03.

Quadro 03 – Requisitos seguindo o modelo Kano

Básicos	Explícitos	Atrativos
Identificar o valor da frequência das cores; Informar o valor da frequência das cores.	Resistência; Discrição; Uso intuitivo.	Pequenas dimensões; Rapidez na leitura; Baixo custo; Rapidez na resposta.

A identificação (entrada) e a indicação (saída) das cores são um requisito básico, pois fazem parte da ideia principal da proposta. Resistência, discrição e ação intuitiva são requisitos explícitos pelo fato de atenderem à maioria dos produtos voltados para a Tecnologia Assistiva. Em relação aos requisitos atrativos, pequenas dimensões e uma alta velocidade no processamento podem ser o diferencial na visão do consumidor.

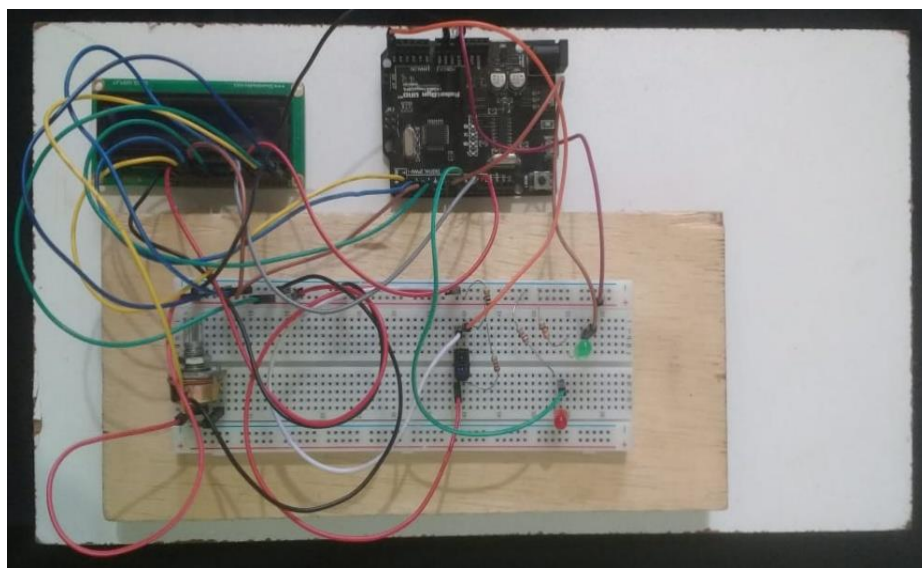
### 3.5. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização desta proposta e consequentemente a construção de um protótipo funcional foi utilizado o Arduino UNO, que possui 14 pinos digitais de entrada/saída e 6 pinos de entrada analógica, todas operando em 5V com fornecimento ou recebimento de uma corrente de 40 mA. O Arduino vem equipado com um microcontrolador ATmega328, um dispositivo de 8 bits da família AVR com arquitetura RISC avançada e

com encapsulamento DIP28. Sua comunicação com o computador é feita através da interface USB (SOUZA, 2013).

O sensor óptico reflexivo TCRT 5000 é conectado a uma protoboard e as conexões de alimentação, transmissão e recepção junto ao Arduino UNO. O circuito foi alimentado com aproximadamente 5V de tensão, provida via cabo USB conectado a um computador. A montagem dos componentes está representada na Figura 09 podendo ser observada abaixo:

Figura 09 - Protótipo montado



Fonte: O autor (2019)

### 3.6. PROGRAMA DE TESTE

Utilizando a plataforma própria do Arduino IDE, foi desenvolvido um programa de teste (via *sketch*) que toma como base uma lógica simples onde sensor óptico reflexivo TCRT 5000 faz a análise da combinação de cores que está na sua linha de ação, abrangendo também a do ambiente caso não haja nenhum objeto, e responde com a intensidade distribuídas entre as cores vermelho, verde e azul (RGB), que são as três cores básicas das quais se formam todas as outras.

A identificação das cores é feita constantemente em intervalo de segundos pelo sensor óptico reflexivo utilizando a programação apresentada no Anexo 1.

Após a análise da combinação de cores obtida pelo sensor, as variáveis são memorizadas e visualizadas no monitor serial caso seja apresentada na própria

plataforma. O comando “int” representa os valores inteiros das intensidades das cores vermelho, verde e azul. Estas variáveis podem ser observadas no Anexo 1.

### 3.7. SINAL DE SAÍDA

Após a leitura executada pelo sensor óptico reflexivo e seu devido processamento no Arduino, o programa analisa a intensidade das cores primárias e onde elas se adequam. A cor dominante no objeto analisado será o menor valor identificado (abaixo de 100). A identificação da intensidade das cores e o comando que precisará ser efetuado por cada componente aplicando a condição *If* e *Else If* pode ser observado no Anexo 1

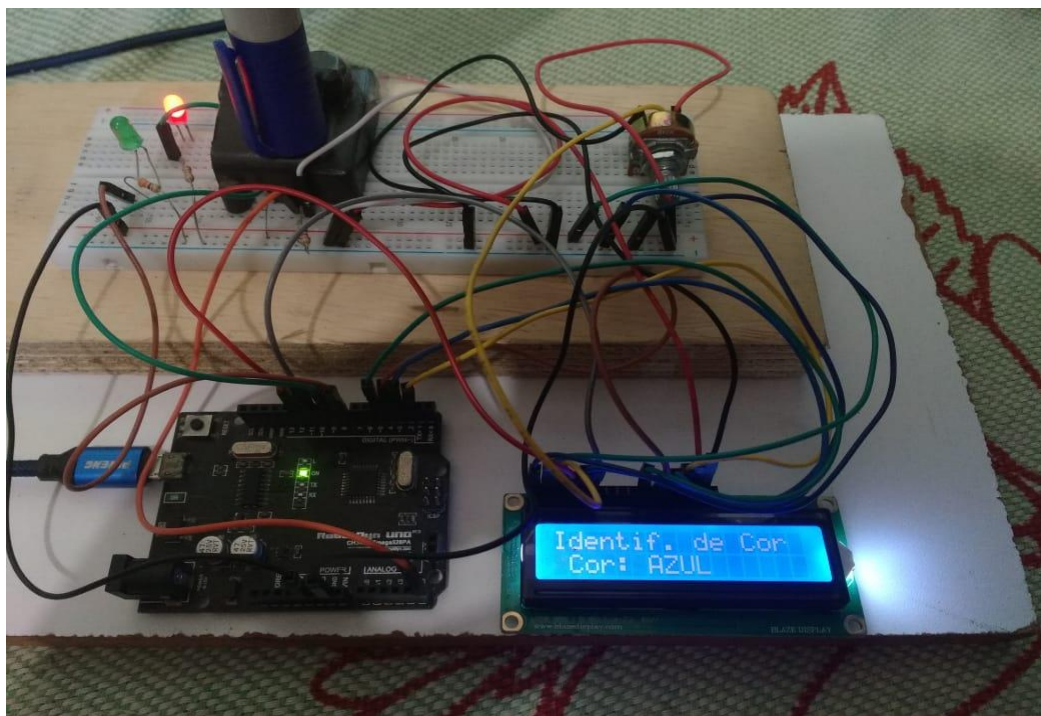
Com o sensor devidamente ajustado ao programa de teste e os dados armazenados, a cor do objeto é analisada conforme as intensidades RGB. O programa fará uma busca mediante a leitura do sensor juntamente aos dados inseridos no programa e assim, enviará uma resposta para o *display* LCD, para que este informe ao usuário a cor (vermelho, verde ou azul) referente ao objeto a ser analisado.

#### 4. RESULTADOS

O trabalho atingiu todos os objetivos propostos, desde o levantamento dos conceitos relacionados, montagem e teste do protótipo proposto.

Após a montagem do primeiro protótipo, foram feitos alguns testes com o intuito de saber a funcionalidade e eficiência do primeiro dispositivo e o mesmo obteve resultados satisfatórios na identificação das cores primárias que podem ser observado no display LCD, a tonalidade azul na Figura 10, a tonalidade verde na Figura 11 e a tonalidade vermelha na Figura 12.

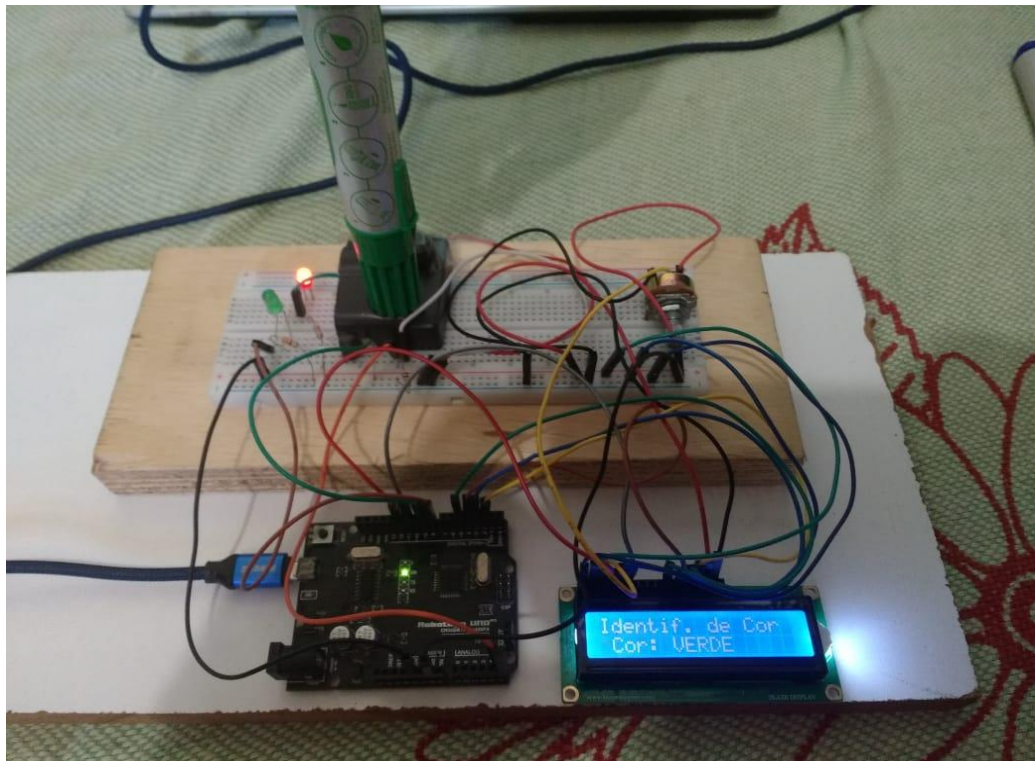
Figura 10 - Reconhecimento da tonalidade azul



Fonte: O autor (2019)

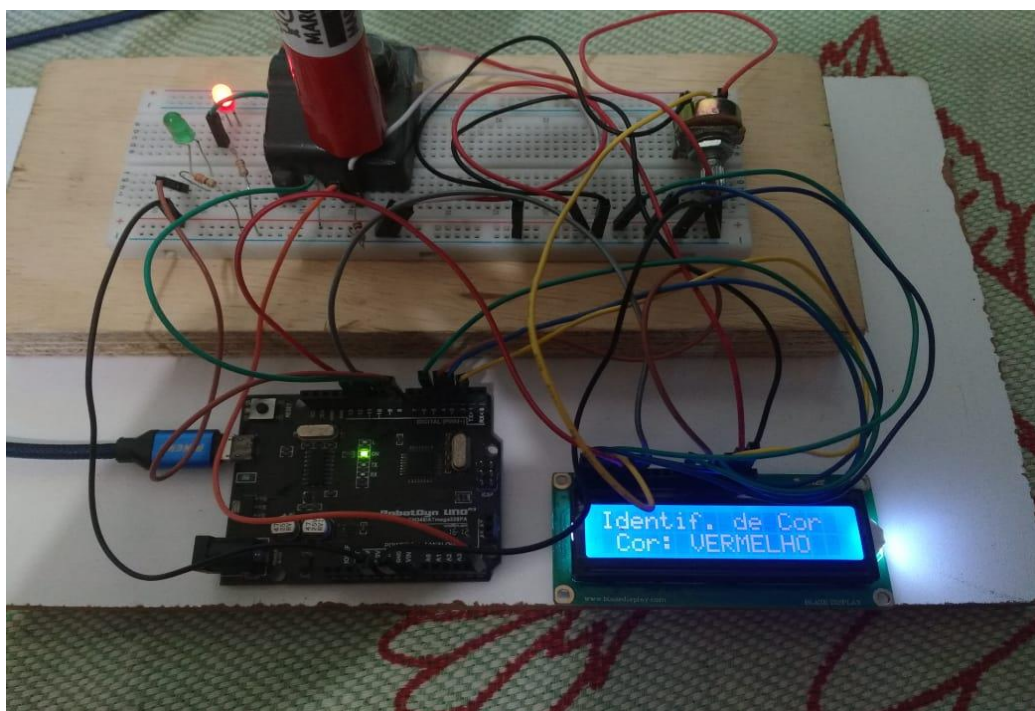


Figura 11 - Reconhecimento da tonalidade verde



Fonte: O autor (2019)

Figura 12 - Reconhecimento da tonalidade vermelha



Fonte: O autor (2019)



O protótipo em si, realiza medições a cada cinquenta milissegundos, ou seja, cumpre grande parte dos requisitos de atratividade seguindo o modelo de Kano, a rapidez na leitura e na resposta.

O sensor capta a intensidade de cor do objeto a ser identificado pelo usuário. A informação é armazenada e processada pelo Arduino onde o mesmo informa no *display* LCD acoplado no sistema, a cor referente ao objeto identificado.

É possível que apresente erros na leitura das cores, mas para evitar tais erros, o isolamento da luminosidade do ambiente foi de grande valia na confiabilidade das medições feitas pelo sensor.

Em resumo, a aplicabilidade dos conceitos relacionados a tecnologia assistiva e metodologia do projeto de produto juntamente ao fácil acesso e montagem dos componentes, levou ao cumprimento do objetivo geral e específicos do presente trabalho.

## 5. CONCLUSÃO

Tomando como base os resultados encontrados, o trabalho desenvolvido foi eficiente ao que se refere à identificação das cores e ao desenvolvimento de um dispositivo de baixo custo, totalizando um valor que não ultrapassa R\$ 100,00 reais na compra de todos os componentes utilizados.

No que se refere a praticidade e facilidade de transporte, é viável o desenvolvimento de um dispositivo relativamente compacto. Entretanto, a utilização do Arduino Uno com os demais componentes demonstrou maiores dimensões quando comparadas a uma possível versão atualizada substituindo-o pelo Arduino Nano (que tem menores dimensões), mas para isso, é necessária a construção de um circuito mais compacto e que utilizasse um menor consumo de energia.

A utilização de um sensor mais preciso com a finalidade de aumentar a confiabilidade das medições e quantidade de cores, como também melhorias de *software*, são de grande valia para uma evolução deste dispositivo, podendo assim, abranger também pessoas com baixa visão e cegueira, tornando assim, um produto com uma maior consolidação no atual mercado.

Portanto, foi possível constatar que o identificador de cores para daltônicos opera corretamente e que melhorias podem ser realizadas posteriormente no que se refere à praticidade, precisão e portabilidade, tornando possível uma maior autonomia pessoal do público alvo, melhorando a qualidade de vida.

## REFERÊNCIAS

- BÉGUIN, M. Object Pragmatics and Language Development. **Integrative Psychological and Behavioral Science**, [s.l.], v. 50, n. 4, p. 603-620, Agosto 2016. ISSN 1932-4502.
- BERSCH, R. **Introdução à Tecnologia Assistiva**. Tecnologia e educação. Porto Alegre/RS, 2017.
- BORGES, G. A. et al. **Sensores Ópticos de Passagem e medição de Distância**. Departamento de Engenharia Elétrica. Universidade de Brasília. 2005.
- BRASIL. **Atendimento Educacional Especializado - Deficiência Visual**. Ministério da Educação. Brasília-DF. 2007. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/ae\\_dv.pdf](http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/ae_dv.pdf)>. Acesso em: 19 dez de 2018.
- BRASIL. **Estatuto da Pessoa com Deficiência**. Lei nº 13.146 de 6 de julho de 2015. Brasília - DF. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm)>. Acesso em: 21 dez de 2018.
- BRASIL. Secretaria Especial dos Direitos Humanos. Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência. **Ata VII reunião do Comitê de Ajudas Técnicas – CAT CORDE / SEDH / PR** realizada nos dias 13 e 14 de dezembro de 2007. Brasília, DF, 2007. Disponível em: <[http://www.infoesp.net/CAT\\_Reuniao\\_VII.pdf](http://www.infoesp.net/CAT_Reuniao_VII.pdf)>. Acesso em: 19 dez. 2018.
- BRUNI, L. F.; CRUZ, A. A. V. Sentido cromático: tipos de defeitos e testes de avaliação clínica. **Arq. Bras. Oftalmol.**, São Paulo, v. 69, n. 5, p. 766-775, 2006.
- GOMES, L. V. N.; BERTONCELLO, I. Análise diacrônica e sincrônica de cadeira de rodas mecanomaneuvel. *Revista Produção*. v. 12, n. 1. 2002.
- GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento Digital de Imagens**. 3. Pearson Universidades, 2009. 624
- GUNASEKARAN, S. Computer vision technology for food quality assurance. **Trends in Food Science & Technology**, v. 7, n. 8, p. 245-256, 1996.
- HANSEN, J. et al. Attitudes to telecare among older people, professional care workers and informal carers: a preventative strategy for crisis management? **Universal Access in the Information**, [s.l.], v. 6, n. 2, p. 193-205, Agosto 2007.
- IATA, C. M. **MODELO KANO DE SATISFAÇÃO DO CLIENTE: UM ESTUDO DE CASO PARA CLIENTES INTERNOS**. Dissertação - Universidade Federal de Santa Catarina. 2002.
- IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em <[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias\\_/27062003censo.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias_/27062003censo.shtm)> Acesso em: 13.02.2019
- IBRAHEEM, N. A. et al. Understanding Color Models: A Review **ARPN Journal of Science and Technology**, v. 2, n. 3, p. 265-275, 2012.

LEE, J. **Uma Ferramenta Adaptativa Para Facilitar A Visualização De Imagens Para Pessoas Portadoras De Daltonismo**. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade de Pernambuco. 2008.

MAIA, A. F. D. V. M. **Representação Gráfica de Mapas para Daltônicos: Um Estudo de Caso dos Mapas da Rede Integrada de Transporte de Curitiba**. Dissertação. Universidade Federal do Paraná. 2013.

MAIA, F. D. N. **A contribuição da metodologia de projeto em design no processo de desenvolvimento de recursos de tecnologia assistiva**. Universidade Estadual do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 157. 2011. (CDU 65.015.11-056.26).

MELLO, W. B. D. **Proposta De Um Método Aberto De Projeto De Produto - Três Alternativas De Criação**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 141. 2011.

NUÑEZ, M. A. **La Deficiencia Visual**. Universidad de Salamanca. Instituto Universitario de Integración en la Comunidad (INICO). III Congreso - La Atención a la Diversidad en el Sistema Educativo. Salamanca - Espanha. 2001. disponível em: <<http://campus.usal.es/~inico/actividades/actasuruguay2001/10.pdf>>. Acesso em: 21 dez de 2018.

OLIVEIRA, C. L. V. et al. **Aprenda Arduino - Uma abordagem prática**. Duque de Caixas: Katzen Editora, 2018. 181p. ISBN: 978-85-52946-03-8

OLIVEIRA, M. S. **Desenvolvimento de um Produto de Tecnologia Assistiva para Estimulação Visual de Recém-Nascidos**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa – PB. 2018.

PATNAIK, P. K. et al. 2 - Development of a low-cost color sensor for biomedical applications. In: PAL, K.; KRAATZ, H.-B., *et al* (Ed.). **Bioelectronics and Medical Devices**: Woodhead Publishing, 2019. p.15-29. ISBN 978-0-08-102420-1.

PATSKO, L. F. **Tutorial – Aplicações, funcionamento, utilização de sensores**. Maxwell Bohr Instrumentação Eletrônica. 2006.

PUIU, P. D. Color Sensors and Their Applications. In: FRITZSCHE, W. e POPP, J. (Ed.). **Optical Nano- and Microsystems for Bioanalytics**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012. p.3-45. ISBN 978-3-642-25498-7.

RASRAS, R. J., EL EMARY I. M. M., SKOPIN D. E., “Developing a New Color Model for Image Analysis and Processing”, **international journal of Computer Science and Information Systems (ComSIS)**. Vol. 4(1) .Jun 2007.

REBOUÇAS C.B.A., ARAÚJO M.M., BRAGA F.C., FERNANDES G.T., COSTA S.C.. Evaluation of quality of life of visually impaired. **Rev Bras Enferm** [Internet]. 2016; 69(1):64-70. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-7167.2016690110i>

SAMORA, L.; **Fundamentos em Gerenciamentos de Projeto**, 2011. Disponível em <<http://leandrosamora.wordpress.com/>>

SCARINCI, Anne L.; MARINELI, Fábio. O modelo ondulatório da luz como ferramenta para explicar as causas da cor. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 1-14, Mar. 2014.

SCHLIEPER, G. Measuring PM density by going outside the visible spectrum. **Metal Powder Report**, v. 65, n. 3, p. 10-14, 2010.

SOUZA, Fábio. **Arduino UNO**. 2013. Disponível em: <<http://www.embarcados.com.br/arduino-uno/>>. Acesso em: 05 de Novembro de 2018.

TAKATA, A. **Ferramentas de acessibilidade adaptável aos daltônicos e às redes móveis**. Instituto de Matemática e Estatística – Universidade de São Paulo. 2015.

VOLPE, N. J. Adler's Physiology of the Eye: Clinical Application, Tenth Edition. v. 24, n. 4, p. 348, 2004.

ZAVADIL, P. et al. Possibilidades de uso da matriz morfológica no processo de geração de alternativas em design. 11º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. Rio Grande do Sul. 2014.

**ANEXO I - Sketch para inserção na plataforma Arduino**

```
#include <LiquidCrystal.h>
```

```
int Vermelho = 8;
```

```
int Verde = 9;
```

```
int sensor = 5;//pino analógico A5, onde será colocado o sensor
```

```
int val = 0;//variável para armazenar o valor analógico
```

```
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
  Serial.begin(9600);// porta serial em 9600 bps
```

```
  lcd.begin(16, 2);
```

```
  pinMode (Vermelho, OUTPUT);
```

```
  pinMode (Verde, OUTPUT);
```

```
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
  val = analogRead(sensor);// Lê o valor do sensor e o armazena na variável val.
```

```
  Serial.println(val); // imprimir como um decimal
```

```
  delay(800); // delay de 1000 milissegundos antes da próxima leitura:
```

```
//Limpa a tela

lcd.clear();

//Posiciona o cursor na coluna 3, linha 0;

lcd.setCursor(0, 0);

//Envia o texto entre aspas para o LCD

lcd.print("Identif. de Cor");


if (val < 900 && val > 880) {

    lcd.setCursor(0, 1);

    lcd.print(" Cor: VERDE");

}


if (val < 880 && val > 800) {

    lcd.setCursor(0, 1);

    lcd.print(" Cor: VERMELHO");

}


if (val < 940 && val > 900) {

    lcd.setCursor(0, 1);

    lcd.print(" Cor: AZUL");

}
```

```
if (val > 1000){  
    digitalWrite (Vermelho, HIGH);  
    digitalWrite (Verde, LOW);  
    lcd.setCursor(0, 1);  
    lcd.print("Aproxime uma cor");  
}  
  
if (val < 1000){  
    digitalWrite (Vermelho, LOW);  
    digitalWrite (Verde, HIGH);  
}  
  
}
```